第46卷 第4期
2023年4月

干旱区地理
ARID LAND GEOGRAPHY

Vol. 46 No. 4
Apr. 2023

中国农业技术创新的时空格局及其诱致性

梁常安[1]， 杜国明[1,2]， 郝 均[3]

（1. 东北农业大学经济管理学院，黑龙江 哈尔滨 150030；2. 东北农业大学公共管理与法学院，黑龙江 哈尔滨 150030；3. 河南财经政法大学资源与环境学院，河南 郑州 450046）

摘 要：利用2000—2018年农业专利申请数据刻画农业技术创新产出的时空格局特征，通过归纳总结的方法挖掘其诱致性规律。得出主要结论如下：(1) 中国农业技术创新的整体时空演化趋势与施莫克勒假说的路线较为吻合。农业专利申请量呈现出指数型增长；高高集聚区从东北地区向长三角地区转移，低低集聚区稳定在西部地区并有扩大趋势。(2) 中国农业技术创新产出的时空演化，受到希克斯—速水—拉坦—宾斯旺格假说和施莫克勒假说的复合影响，市场需求诱致性特征更加明显。因技术类型不同，农业技术创新产出的空间格局受差异化的诱致性影响。联合作业机械技术创新产出在空间上的集聚与要素价格诱致性相关性较强，而农作物防治、畜牧养殖、渔业生产等方面的技术创新产出则表现出较强的市场需求诱致性。研究结果为优化农业生产布局、合理配置农业科技创新资源提供了参考，对推动农业现代化发展具有积极意义。

关 键 词：农业技术创新；诱致性；技术特征；空间格局；中国

文章编号：1000－6060(2023)04－0667－11(0667～0677)

科技进步推动农业发展的作用越来越显著[1]，利用科技力量推动农业生产力发展、促进农业领域生产关系发生大的变化，是促进农业现代化建设的一项重要内容。国内多样的经济地理条件和农业生产模式，要求优化农业生产力布局，构建各具特色的区域创新发展格局。我国农业科技投入以政府为主，而政府在高效配置资源方面存在着众所周知的缺陷。高效促进各地农业科技创新协调发展成为当前社会一个重要议题。

农业科技是发展、振兴乡村的重要支撑。然而在三农问题相关研究上，学者们多关注到制度改革、经济收入方面，如农地制度[2]、农村经济组织[3]、农民增收[4]、脱贫攻坚[5]等问题，农业科技相关研究稍显薄弱。已有相关研究从农业创新体系体制着手，分析了体制利弊[6]、技术创新与制度创新的关系[7-8]；技术上关注了农业生产的资源节约[9]、农业技术创新的产出效率与经济效益[10-11]、农业现代化[12]、农业科技园与产业集群发展[13-14]、农业技术创新的推广与扩散[15-16]等问题。其中诱致性技术创新理论在农业技术的发展中得到较为成功的印证[17-18]。希克斯较早地提出“生产要素节约型”的技术创新偏向，而后拉坦、速水等关注到资源要素相对稀缺对技术变革的影响[18]，对美国、日本农业发展特征进行概括，总结出要素诱致技术创新的特征。而施莫克勒则关注增长的市场需求对技术变革的影响[19]，认为新技术的发展与其市场需求密切相关[20]。两种角度的解释都在中国农业技术发展中日益受到重视[21-22]。

相关诱致性研究将研究重点放在某区域内，对其要素价格或市场需求进行分析进而印证地方的技术偏向。但孤立地研究某一区域特征已经不能满足当下全国范围内协调发展的要求。农业发展虽然受社会因素影响逐渐扩大[23]，但复杂多样的农业生产条件提示我们不能忽视其根植于自然资源的客观约束以及由此衍生出的诱致性[24]。农业技术创新产出的空间分异及其背后的诱致性，揭示了

收稿日期：2022-02-28； **修订日期：**2022-06-09
基金项目：国家社会科学基金项目(21BJY209)资助
作者简介：梁常安(1993-)，男，博士研究生，主要从事区域发展与乡村振兴研究. E-mail: changan_l@neau.edu.cn
通讯作者：杜国明(1978-)，男，博士，教授，博士生导师，主要从事农村区域发展与土地管理研究. E-mail: nmgdgm@126.com

不同区域内，农业生产过程中要素价格、市场需求的特征差异所引起的某项农业技术在空间上的集聚状态。而这种空间异质性，正是差异化、协调化发展的关键所在。从诱致性的角度来讲，农业技术创新产出的地理格局在于地方农业发展的要素结构以及相适应的要素配置方式；诱致性的差异与农业技术创新产出的空间格局差异应具有一致性。因此，诱致性这一概念需要被纳入到创新地理学的机制分析框架之中。

本文利用农业专利申请数据，刻画农业技术创新产出的时空格局特征，通过归纳总结的方法挖掘其时空格局变动中的诱致性特征。选取典型农业技术，归纳出诱致性技术创新引致空间分异的普遍性规律，为合理优化农业生产空间布局、科技资源配置提供参考。

1 数据与方法

1.1 研究方法

基尼系数与变异系数可以揭示地市之间的农业专利申请量的绝对差异和相对差异，是常见统计学方法，具体公式不再赘述。

全局莫兰指数解释了农业专利申请量在全国的聚、散分布情况，是从整体考虑国内不同地区农业技术水平高低差异的有效手段。此方法是地理学、空间经济学研究中的常用方法，具体公式参见文献[25]。局部莫兰指数是一个常用的局部空间自相关指数(Local indicator of spatial association，LISA)，能够解释全国范围内局部的农业专利申请量产出高、低集聚情况，本质是对全局莫兰指数的分解，具体公式参见文献[25]。

1.2 研究数据

专利是常用的、有效的衡量科学技术创新的指标，在诸多地理学研究中所采用[26]，也有学者从学术论文、农业新品种等角度探究农业技术创新情况[27-28]。本研究侧重于农业技术的应用创新，并尝试从地市尺度揭示其空间格局，考虑到数据可得性与适用性，文章选用专利申请数据开展分析。根据国家知识产权局公布信息，对国际专利分类号(International Patent Classification，IPC)包含"A01"的专利进行筛选，以保证专利的农业属性，作为本文中农业专利产出的基础数据。由于专利的公开需要较长时间，特别是对于发明专利的审核更为严格，因此在充分考虑研究数据全面性的原则上，将2018年作为末期，筛选出申请日在2000—2018年的数据作为最终数据，对于缺少数据的行政区，按照无申请处理。其他社会经济数据来源于中国城市统计年鉴、国泰安网站。

2 整体时空格局

2.1 整体差异演化

个体间的差异常用基尼系数、变异系数等指标进行表述，具有简洁的统计学意义。当存在显著差异的情况下，可以进一步引入空间分析方法，赋予个体差异以空间信息、刻画其空间差异。为揭示地市之间农业专利申请量的绝对差异和相对差异，分别计算2000—2018年内，地市(包含直辖市，下同)尺度上的基尼系数和变异系数(图1)。

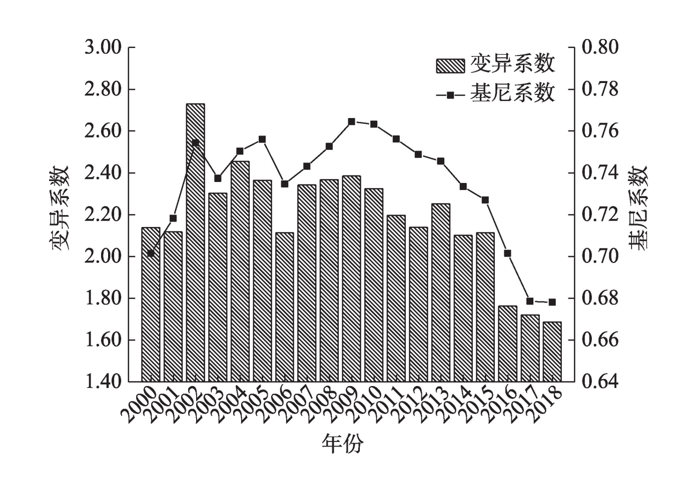


图1 2000—2018年中国农业专利申请量的基尼系数与变异系数

Fig. 1 Gini and C_v of agricultural patent application volume in China during 2000—2018

2000—2018年各地市农业专利申请量的基尼系数有一个波动上升再下降的过程。其中，2000—2009年基尼系数波动上升，2010—2018年有所下降。但整个阶段基尼系数水平一直维持在0.6以上，属于极高的不平衡水平，农业技术创新在各地市之间的差异悬殊。变异系数在2000—2009年呈波动状态，2010年开始呈现出下降的趋势，整个时间段内，变动幅度较小，处于1.6~2.7之间。中国地

市之间农业专利的申请量始终保持着非常大的差距，随着时间的发展、各地农业专利申请量的增多，这种差异相对地在减小。

2.2　全局空间特征

地市之间农业专利的申请量存在显著差异，需要引入空间分析方法进行空间格局的刻画。利用历年各地市的农业专利申请数量进行全局莫兰指数分析(图2)。2000—2018年中国地市层面的莫兰指数基本呈现稳定的上升趋势，线性拟合度达0.77。中国地市层面的农业专利申请量，2000年在全国范围内较为分散，莫兰指数为0.071；之后逐渐集中到某地域，莫兰指数从0.071上升到0.150。全国层面的农业专利表现出在空间上集中产出的趋势，但增长幅度较小、集聚格局并不明显。

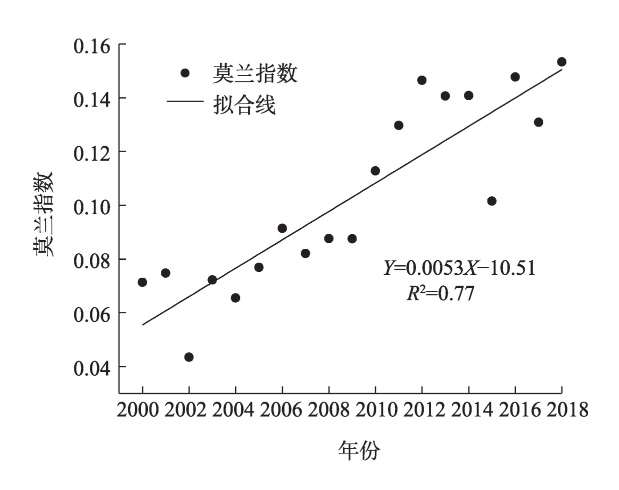


图2　2000—2018年地市层面的莫兰指数及其线性拟合

Fig. 2　Moran index at the city level and its linear fit during 2000—2018

莫兰指数持续升高但幅度有限，这表明专利申请量的高值、低值区在空间上并不是严格分界，而是彼此混合存在，呈现出“大杂居”状态。且上文显示变异系数有下降，但是基尼系数始终维持在0.6水平以上，即农业专利产出的地区差异较大。因此农业专利产出的空间分异格局整体上并不明显，需要进行局部分解。

2.3　局部空间特征

以上全局角度的分析，结果显示空间分异格局并不明显。故应从局部角度，进一步探究农业专利产出的集聚情况。局部产出的高值、低值集聚可以通过局部莫兰指数体现。根据上文所述中国农业专利指数型增长的特点，即2000—2010年增长幅度较小，2010年之后呈现指数型增长。为尽可能反映各阶段变化，选取2000、2010、2015、2018年作为节点年份，测度结果的空间表达如图3所示。

2000年中国农业专利的申请主要集中在北京周边和东北地区，高高集聚现象明显，山东半岛、长三角地区也有一定的申请量。中部、东南地区呈现出大面积“空白”(高低集聚不显著)情况。2010年开始东北地区农业专利的申请量减小幅度明显，高高集聚的现象消失，而且北京周边的高高集聚现象也有所减弱，在山东半岛和长三角地区出现较大范围的高值集聚现象。2015年长三角地区高高集聚范围进一步扩大，同时在西南地区的贵州、广西等地也有较明显的增长，东北地区出现低低集聚现象。2018年东北地区低低集聚现象进一步发展，长三角地区农业专利申请高高集聚范围进一步扩大；同时广东惠州周边出现高高集聚现象。

2000—2018年中国农业专利申请量，低低集聚区从初始的西南地区逐渐向西北地区转移，低低集聚范围在西北内陆逐渐扩大；高高集聚区从初始的东北地区逐渐向东南地区转移，长三角地区的高高集聚态势进一步凸显。局部集聚情况不显著地区的数量在减少，存在高、低值混杂的情况，这与上文全局莫兰指数小幅增长情况相契合。

以上格局变动的过程背后是农业技术供需平衡的过程。2000年《中共中央国务院关于做好2000年农业和农村工作的意见》指出“粮食和其他主要农产品由长期供不应求转变为阶段性供大于求”。可以说，我国农业生产在2000年基本解决了吃饭问题。可以想见这一阶段的农业技术创新大多需要集中在种植业领域，这一时期农业创新产出在东北、华北地区集中也不足为奇。入世以来，我国农业生产面临国际市场冲击，同时人民生活需要开始多样化。经济作物的种植、肉蛋奶需求的扩张、城乡收入差异的扩大推动着农民开始发展有机农业；精细农业的发展对技术创新提出更高的要求，农业产业类型的多样性也决定了技术创新产出的多样性。高收入地区的居民对农产品需求更高、更多样，因此，在入世以来经济发展中心转移的背景下，也就不难理解农业技术创新产出在空间上从东北向东南方向转移。这一变动趋势，与施莫克勒提出的市场需求诱致性演进路线较为吻合。

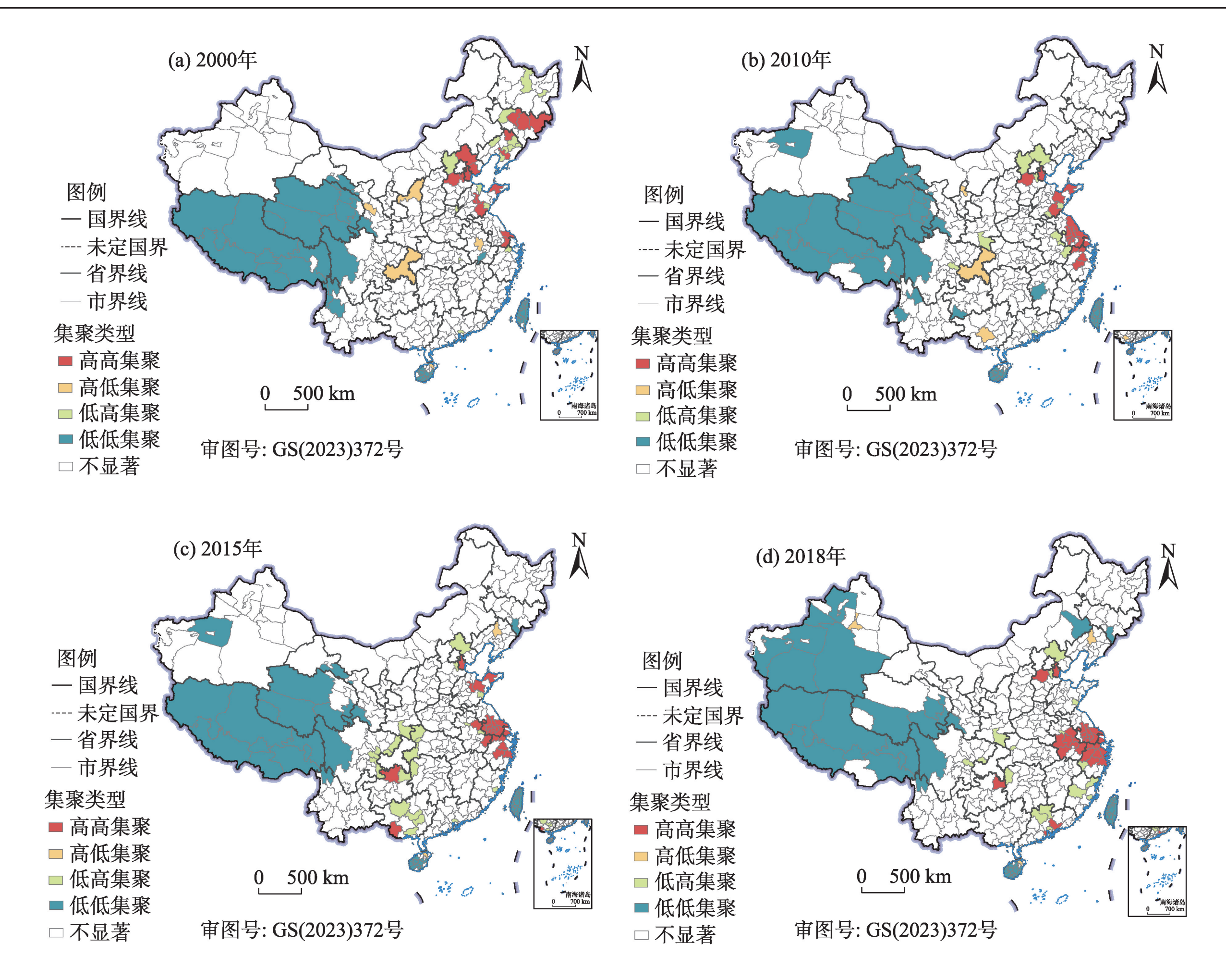


图3 2000—2018年中国农业专利申请量的LISA集聚图

Fig. 3 LISA cluster map of agricultural patent applications in China during 2000—2018

3 不同行业类型的诱致性分析

由于不同地区资源禀赋不同,加之地方产业演化方向各异,因此在理论上不同地区对农业技术的诱致方向不同,在空间上必然呈现出截然不同的农业技术创新产出类型。因此本文从典型农业技术的专利产出入手,分析农业技术创新产出的空间分异及其诱致性规律。

3.1 种植业

(1) 农业机械化

农业机械化和农机装备是转变农业发展方式、提高农村生产力的重要基础,是实施乡村振兴战略的重要支撑。我国农业生产已进入了机械化为主导的新阶段,但受农机产品需求多样、机具作业环境复杂等因素影响,农机发展依然面临诸多问题。以IPC分类号为A01B49的联合作业机械技术为例,探究种植业技术创新产出的诱致性在空间上的表现。该项技术创新产出集中在东北地区、黄淮海平原等地,重庆也有较高产出(图4)。

东北松嫩、松辽和三江平原地区,地面起伏平缓、土层深厚,而且人均耕地面积大,适宜大规模机械作业,对联合作业机械的发展具有很强的现实需求。黄淮海平原上的北京、安徽、江苏、山东等省市内部都形成高高集聚现象。黄淮海平原上的河南、安徽等地均是粮食生产大省、人口流出大省。同时在中部崛起战略的推动下,城镇化、农业现代化速度加快。虽然本区域具有人多地少的特征,从节约生产要素的角度来讲,农业技术发展方向应朝着提高土地单产、发展经济作物的方向演进;但农业机械化偏向依然明显。原因有:一是耕地面积绝对量大,农业联合作业机械的需求处于较高水平;二是我国农业机械化尚有较大提升空间,且高端农机发

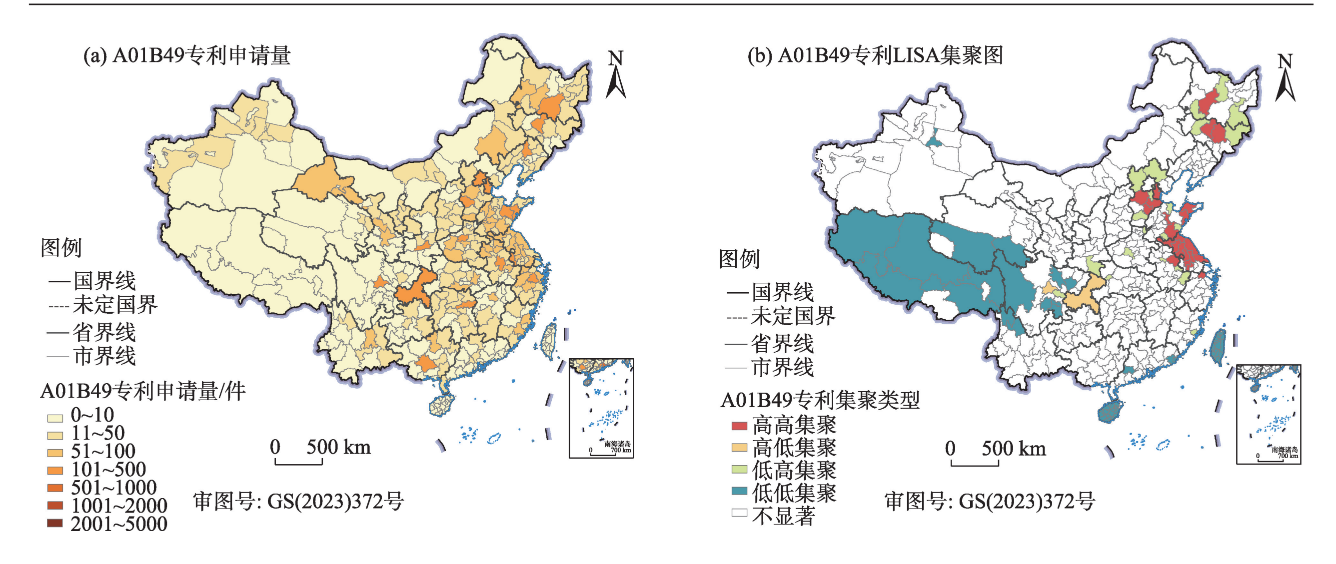


图4 2000—2018年A01B49专利申请量与LISA集聚图

Fig. 4 A01B49 patent applications and its LISA cluster map during 2000—2018

展不足；三是由于劳动力成本上升，要素替代需求迫切。

西南山地丘陵区也有较高产出，广西、四川、重庆、云南等省市总申请量近1000件，空间上在重庆形成高低集聚现象。为发展现代农业，重庆开展“农田宜机化”改造，奠定山区耕地机械化作业的基础。同时《重庆市人民政府关于加快推进农业机械化和农机装备产业转型升级的实施意见》提出“重点发展适应小农生产、丘陵山区作业的小型农机以及适应特色农作物生产、特产养殖需要的高效专用农机”，具有鲜明的地方农业生产、技术特点。山地丘陵区联合作业机械技术的发展是农业技术创新诱致性的一个特例。地形要素特征要求农业机械的针对性，诱使农业机械向小型化、功能化发展。

（2）农作物病害防治

农作物病虫害预防与控制，关系到农业生产的各个环节。我国农作物病虫害暴发频率逐年提高，损失逐年加重[29]。我国目前的农作物防治，以化学防治为主；A01N43专利是具有代表性的农作物化学类防治技术，在2005年之后进入了快速发展阶段[30]。A01N43专利在天津、山东半岛和苏南地区高高集聚态势明显(图5)。

从市场需求看，山东寿光、烟台是我国重要的蔬菜瓜果基地，经济作物的生产、运输、贮存，催生

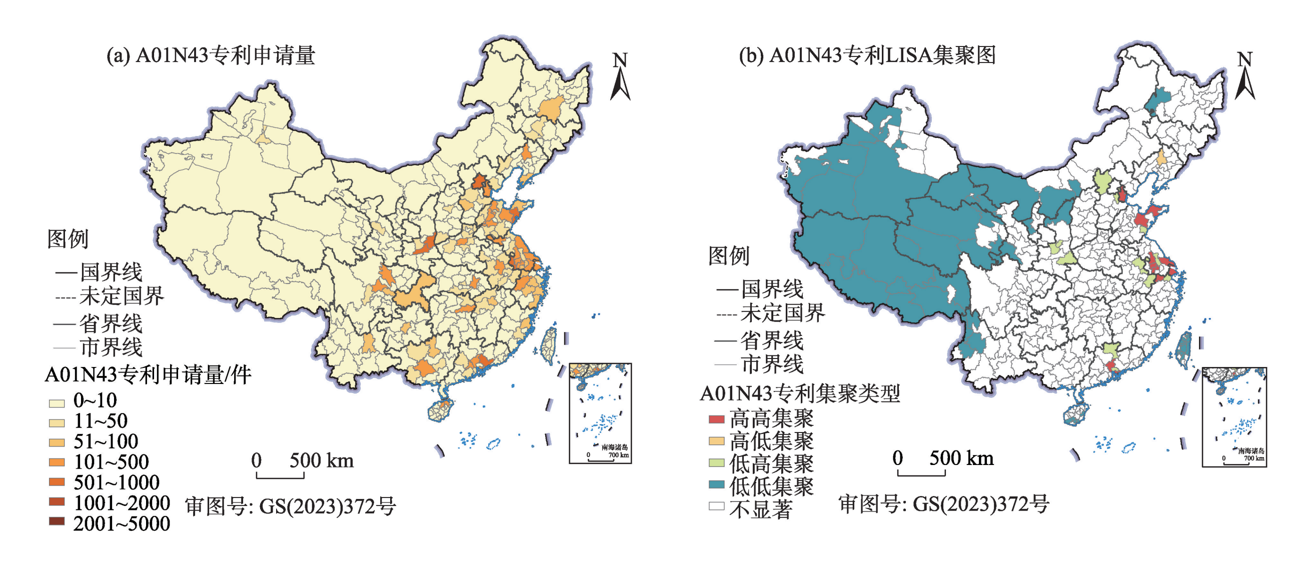


图5 2000—2018年A01N43专利申请量与LISA集聚图

Fig. 5 A01N43 patent applications and its LISA cluster map during 2000—2018

农药技术发展，结果显示山东大部地区均有较高产出，空间上表现出高高集聚。济南与青岛的总申请量之和超1200件，约占全省的67%。无独有偶，渭南在水果行业发展的需求推动下，农药技术创新诱致性强烈；总申请量近800件，超过省会西安，约占全省的54%。但囿于地理与经济特征，并没有形成高高集聚现象。另外，华南地区也是农药市场中主要市场之一，因地处亚热带，经济作物品种丰富，复种指数高，加上高温多雨天气，病虫害发生频繁，对农药需求旺盛。尤其是惠州，作为粤港澳大湾区的主要农产品供给区，具有巨大农药施用需求，催生了农作物化学类防治技术创新。总申请量超过600件，高于广州、深圳，约占全省的36%。

从历史发展的角度看，江苏在20世纪初就有化学工业发展。青岛在日军侵华期间被日军夺取利用当地资源生产杀虫药剂，建国后利用已有基础迅速成立农药生产、研发部门，成为重要的农药生产地。沈阳、天津等地亦如是。在新中国成立后大力发展农业生产下，诞生了一大批如DDT、六六六等典型农药产品，农药技术取得长久发展。据中国农药工业协会信息，农药行业百强也集中在江浙、山东、京津地区。可见除市场诱致外，农药技术由于知识密集程度较高，其创新产出在空间上也具有一定的路径依赖特征。

3.2 畜牧业

畜牧业是现代农业的重要内容，其现代化发展离不开规范化、集中化管理。因此以IPC分类号为A01K1的动物房舍相关技术发展为例，刻画畜牧业的技术创新。饲养繁育所用房舍设备与畜禽养殖活动密切相关，其创新产出情况如图6所示，此项专利的申请主要集中在京津地区、山东半岛地区、河南省西南部、长三角地区、重庆等区域。

生猪行业毫无疑问是畜牧业中的支柱产业。2013年《畜禽规模养殖污染防治条例》等政策文件相继出台以来，东南沿海地区在环境规制压力下，畜禽养殖活动受到严重制约，而西南、西北、东北地区的养殖规模逐渐扩大。除此之外，宠物行业也逐渐成为畜牧行业的新兴增长点，中国畜牧业协会统计显示2020年宠物行业市场规模超2×10^{11}元，宠物行业的发展对此项技术创新产出的影响不可忽视。下文将从生猪养殖、宠物行业对此项技术创新的产出情况进行分析。为区分生猪养殖与宠物饲养的专利申请，将专利申请文本中含有“猪”字符的专利作为生猪养殖技术的创新产出，同理将含有“宠物”字符作为宠物饲养的创新产出。

河南省生猪养殖创新产出超600件，为各省最高。河南南阳牧原公司，生猪养殖业务布局在全国18个省，规模化养殖全国第一。养殖规模和防疫防控，对猪舍的功能性不断提出新需求。川渝地区是我国生猪的主产区之一；重庆近来已获批国家生猪技术创新中心；在成本优势与政策支持下，云南、贵州等省份生猪养殖发展迅速；在本项技术创新产出中西南地区已成为重要一极。东北地区、山东省规模化生猪养殖水平较高[31]，现代化发展过程必然要

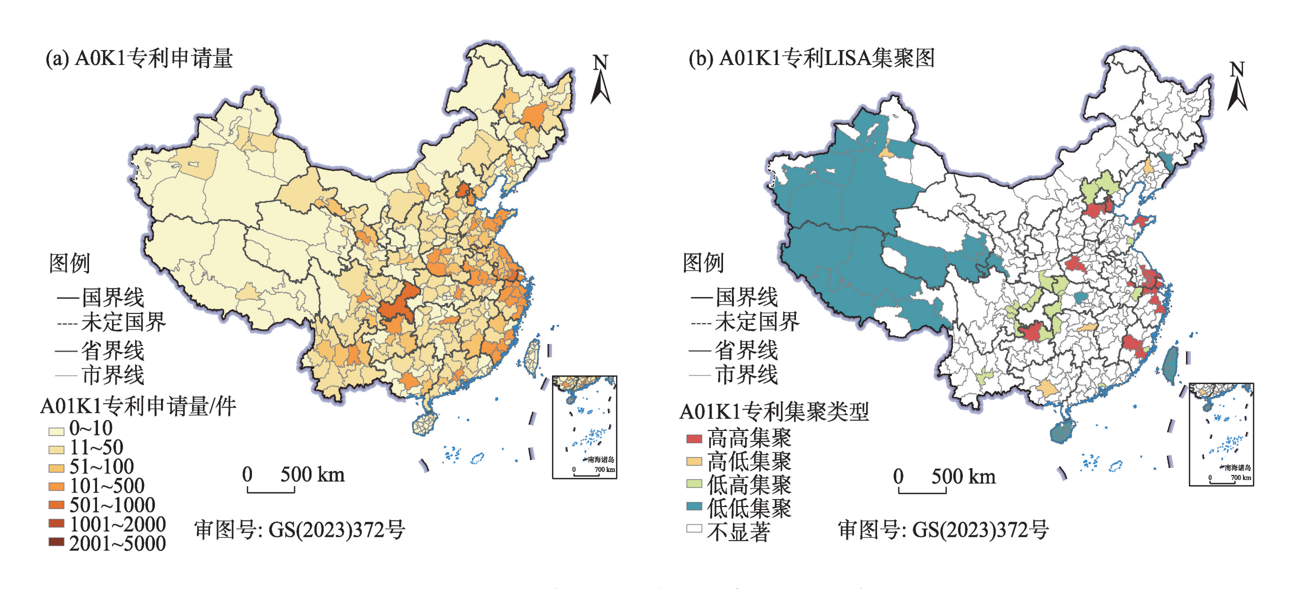


图6 2000—2018年A01K1专利申请量与LISA集聚图

Fig. 6 A01K1 patent applications and its LISA cluster map during 2000—2018

涉及养殖过程中各种房舍的改造，市场力量推动了该项技术创新的产出。

江苏、浙江、广东等地由于城市化发展水平较高，环境规制严格，在宠物消费方面的产出较高，宠物饲养技术创新产出超过1500件，约占三省本项专利总申请量的1/3，而生猪养殖创新产出不到1000件。企业的广泛参与，一是得益于宠物行业的市场消费需求，二则表现出经济发达地区较为活跃的创新活动。

本项技术的创新产出受生猪养殖、宠物行业2个行业的市场诱致影响。生猪养殖是畜牧业中的主要产业，正处于规模化扩张养殖、探索发展现代化的过程中，需要通过技术创新来改造传统养殖。受政策调控、生猪养殖空间格局变动的影响，西南地区本项技术创新产出的快速增长印证了这一观点。另一方面，快速城镇化发展促使了宠物行业兴起，拓展了畜牧业范围，带来了新的需求和市场。由于宠物在人类社交中的特殊作用[32]，消费行为受主观影响明显，因此其有效市场规模较大，导致经济发达地区本项技术创新产出也明显偏高。

3.3 渔业

渔业是农业生产的重要部分，2020年渔业生产总值已达2.75×10^{12}元。渔业由于消费地与生产地在空间上的错位，需要广泛地跨地域运输。因此，以IPC号为A01K63的活鱼装载容器研发技术为例，探究渔业技术创新的诱致性(图7)。

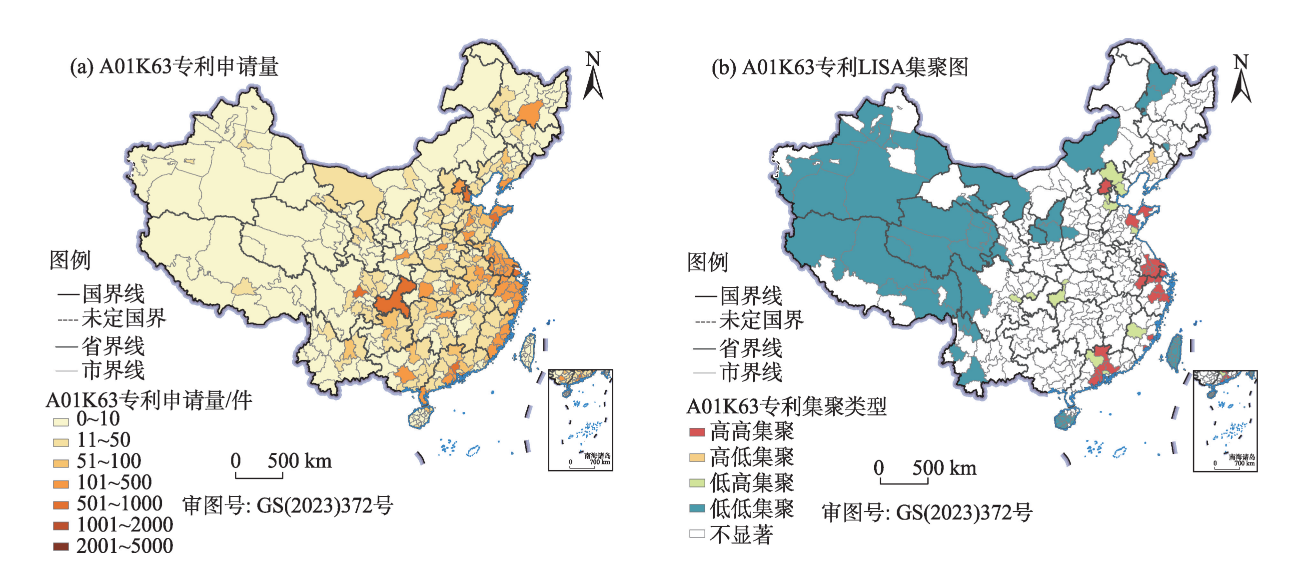


图7 2000—2018年A01K63专利申请量与LISA集聚图

Fig. 7 A01K63 patent applications and its LISA cluster map during 2000—2018

从生产地来看，该项技术在沿海、沿河地区具有很高产出，黄河、长江、珠江入海口地区出现高高集聚现象。由于区位优势明显，2011年以来，国务院接连批复了山东、浙江和广东三大海洋经济示范区，“3+N”沿海经济区发展布局基本形成。在内陆，长江沿线城市也有很高产出，而黄河流域地区除了下游山东部分地市产出较高，中上游地市也有一定数量产出，但集聚态势不显著。这与南北水资源分布不均有直接关系，但随着国家大型水利工程的建设和长江流域禁捕措施的出台，相关地区的渔业类技术创新可能受到不同影响。

从消费地来看，在内陆地区各省会城市，如长沙、武汉、西安、郑州、济南、哈尔滨等，也有较高产出。以上地区虽然也多在江河沿岸，但其人口密集、经济发达的社会经济特征更加突出，对水产品的有效需求相对较高，形成较强的市场诱致。

沿海、沿江等地由于生产、运输需要，省会城市等地由于贮存需求，A01K63专利在生产地与消费地均有较高创新产出，说明渔业中该项专利产出更多地受到市场诱致的影响。同时，本文搜集到的数据显示，山东、浙江、广东三省的A01K63专利申请量在2011年海洋经济示范区批复之后呈现出明显的加速增长。2012年申请量超过1000件，在2018年超过了3000件。可初步推断A01K63专利的产出不仅有市场诱致的影响，也有国家政策的推动作用。

3.4 空间分异的形成机制分析

农业技术创新产出的空间分异是局部人地关系基础上区域经济关系变动的结果。局部人地关系反映了农业生产要素基本结构,其形成的要素价格诱致性塑造了农业技术创新产出的基本空间格局,区域经济关系反映的市场需求诱致性在此基础上推动新格局的形成。随着市场化改革的深入,市场在决定资源配置中的作用从基础性发展到决定性,市场需求在农业相关技术创新中诱致性强度也发生重大改变。以A01K1专利为例,传统畜牧业概念内的饲养繁育所用房舍相关技术创新由科研院所、大型企业为主,但是新兴的宠物行业吸引了较多中小企业加入技术创新,2000—2018年宠物行业内的该项技术专利申请量已超过生猪养殖技术的产出,市场需求诱致性凸显。

除诱致性特征以外,公共产品特性、路径依赖和制度安排等因素的影响也较为明显。农业技术由于其公共产品特征,政府主导的科研院所在其创新发展中有较大影响,一是在全国范围内,农业技术创新在教育科研资源密集的地区产出较高。如京津的农业技术产出普遍较高。二是各地农业大学成为不可或缺的力量,如东北农业大学、山东农业大学、四川农业大学等单位,在本地农业的机械化发展、种植养殖等技术方面有较高产出。路径依赖特征在农药技术创新上表现明显。由于农药行业的知识密集程度较高,其创新门槛高,创新难度大,而且在化肥农药减量增效的政策要求下,2015年本类型专利申请已出现下降趋势,高效农药的需求增加,进一步加大了这种路径依赖程度。制度安排的影响在生猪养殖、灾害防治技术等方面都有体现。东南地区严格的环境规制,导致生猪养殖行业在西南地区实现较快的发展,相关技术、创新产出也快速增加,而对于化肥农药减量增效的管制,则进一步加剧了农药技术创新在传统优势地区的"粘性",形成该项技术创新产出在空间上的路径依赖。

4 结论与展望

4.1 结论

(1) 中国农业专利申请量呈现指数型增长,在2010年之后增长速度明显加快。空间分析显示,全局呈现集聚态势,但格局尚不明朗,局部高高集聚现象从东北地区向长三角地区转移,低低集聚区稳定在西部地区并有扩大趋势。这表明中国农业技术创新的整体时空演化趋势与施莫克勒假说的路线较为吻合。

(2) 因技术类型不同,农业创新产出的空间格局受差异化的诱致性影响。联合作业机械技术创新产出在空间上的集聚与要素价格诱致性相关性较强,而农作物防治、畜牧养殖、渔业生产等方面的技术创新产出则表现出较强的市场需求诱致性。同时,公共产品特性、路径依赖和制度安排等因素的影响也较为明显。以上结果表明中国农业技术创新产出的时空演化,受到希克斯—速水—拉坦—宾斯旺格假说和施莫克勒假说的复合影响,市场需求诱致性特征更加明显。

4.2 展望

本文对中国农业技术创新产出的空间格局特征及其诱致性规律展开了探讨,为推动农业科技发展,在合理配置创新资源方面提供了经验证据。在农业规模化经营持续推进和城乡融合发展亟待突破的社会背景下,通过科技手段提高农业生产力、促进农业生产关系发生大的变化显得十分必要。针对不同类型农业技术创新产出的分析,初步揭示了市场需求诱致性在其中的重要影响。为促进农业科技协调发展、高效配置农业科技创新资源、合理安排地域发展分工提供了经验支撑。农业技术创新是创新地理学、乡村地理学的一项重要研究内容,可进一步探究的内容十分丰富。如在指标选取方面,还需加强对学术论文、农业品种、农技农艺的关注,以建立更为完善的指标体系;在影响机制方面,还需要在考虑诱致性的基础上、结合社会经济因素(如人力资本、创新环境等),利用定量手段展开深入探究。要突出多学科、多领域交叉融合特点、关注邻近行业部门影响,将知识溢出、多维邻近等概念纳入农业技术创新相关研究之中。

参考文献(References)

[1] 王启现, 李志强, 刘振虎, 等. "十五"全国农业科技进步贡献率测算与2020年预测[J]. 农业现代化研究, 2006, 27(6): 416-419. [Wang Qixian, Li Zhiqiang, Liu Zhenhu, et al. Contribution level of science and technology progress on China agriculture development determined during the 10th Five-Year period and in 2020[J]. Research of Agricultural Modernization, 2006, 27(6): 416-419.]

[2] 杜国明, 刘彦随. 黑龙江省耕地集约利用评价及分区研究[J]. 资源科学, 2013, 35(3): 554–560. [Du Guoming, Liu Yansui. Evaluating and zoning intensive utilization of cultivated land in Heilongjiang Province[J]. Resource Science, 2013, 35(3): 554–560.]

[3] 胡平波. 支持合作社生态化建设的区域生态农业创新体系构建研究[J]. 农业经济问题, 2018, 39(12): 94–106. [Hu Pingbo. Study on the construction of the regional ecological agricultural innovation system in support of the ecological construction of cooperatives[J]. Issues in Agricultural Economy, 2018, 39(12): 94–106.]

[4] 杨义武, 林万龙. 农业科技创新、空间关联与农民增收[J]. 财经科学, 2018, 62(7): 70–82. [Yang Yiwu, Lin Wanlong. Agricultural technology innovation, spatial correlation and farmers' income[J]. Finance & Economics, 2018, 62(7): 70–82.]

[5] 孙健武, 高军波, 马志飞, 等. 不同地理环境下"空间贫困陷阱"分异机制比较——基于大别山与黄土高原的实证[J]. 干旱区地理, 2022, 45(2): 650–659. [Sun Jianwu, Gao Junbo, Ma Zhifei, et al. Comparison of spatial poverty trap formation mechanisms in different geographical environments: A case of Dabie Mountains and Loess Plateau[J]. Arid Land Geography, 2022, 45(2): 650–659.]

[6] 王雅鹏, 吕明, 范俊楠, 等. 我国现代农业科技创新体系构建: 特征、现实困境与优化路径[J]. 农业现代化研究, 2015, 36(2): 161–167. [Wang Yapeng, Lü Ming, Fan Junnan, et al. Characteristics, problems, and optimized paths of the construction of China's modern agricultural science and technology innovation system[J]. Research of Agricultural Modernization, 2015, 36(2): 161–167.]

[7] 辜胜阻, 黄永明. 加快农业技术创新与制度创新的对策思考[J]. 经济评论, 2000, 21(6): 25–28. [Gu Shengzu, Huang Yongming. Countermeasures for accelerating agricultural technology innovation and system innovation[J]. Economic Review, 2000, 21(6): 25–28.]

[8] 高启杰. 中国农业技术创新模式及其相关制度研究[J]. 中国农村观察, 2004, 25(2): 53–60, 81. [Gao Qijie. China's models and mechanism of technological innovation in agriculture[J]. China Rural Survey, 2004, 25(2): 53–60, 81.]

[9] 康绍忠, 蔡焕杰, 冯绍元. 现代农业与生态节水的技术创新与未来研究重点[J]. 农业工程学报, 2004, 20(1): 1–6. [Kang Shaozhong, Cai Huanjie, Feng Shaoyuan. Technique innovation and research fields of modern agricultural and ecological water-saving in the future[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2004, 20(1): 1–6.]

[10] 杜娟. 基于DEA模型的我国农业科技创新投入产出分析[J]. 科技进步与对策, 2013, 30(8): 82–85. [Du Juan. Analysis of the input-output efficiency of agriculture science and technology innovation in china based on data envelopment analysis[J]. Science & Technology Progress and Policy, 2013, 30(8): 82–85.]

[11] 沈琼, 王少朋, 张兆瑞. 农业技术创新对粮食生产效益的影响分析[J]. 农林经济管理学报, 2018, 17(6): 669–677. [Shen Qiong, Wang Shaopeng, Zhang Zhaorui. Impact of agricultural technological innovation on grain production efficiency[J]. Journal of Agro-Forestry Economics and Management, 2018, 17(6): 669–677.]

[12] 董江爱, 张嘉凌. 政策变迁、科技驱动与农业现代化进程[J]. 科学技术哲学研究, 2016, 33(5): 104–109. [Dong Jiang'ai, Zhang Jialing. Policy change, technological drive and the process of agricultural modernization[J]. Studies in Philosophy of Science and Technology, 2016, 33(5): 104–109.]

[13] 李二玲. 中国农业产业集群演化过程及创新发展机制——以"寿光模式"蔬菜产业集群为例[J]. 地理科学, 2020, 40(4): 617–627. [Li Erling. The formation, evolution and innovative development of agricultural clusters in China: Case of the cluster nature of "Shouguang mode"[J]. Scientia Geographica Sinica, 2020, 40(4): 617–627.]

[14] 朱清海, 李崇光. 农业科技园区产业集群优势效应分析及策略[J]. 农业现代化研究, 2004, 25(3): 190–193. [Zhu Qinghai, Li Chongguang. Analysis of the advantageous effect of industrial clusters in agricultural science and technology parks and strategies[J]. Research of Agricultural Modernization, 2004, 25(3): 190–193.]

[15] 刘笑明, 李同升. 农业技术创新扩散的国际经验及国内趋势[J]. 经济地理, 2006, 26(6): 931–935, 996. [Liu Xiaoming, Li Tongsheng. A research on the international experiences and domestic trend for the diffusion study of agriculture technique innovation[J]. Economic Geography, 2006, 26(6): 931–935, 996.]

[16] 胡虹文. 农业技术创新与农业技术扩散研究[J]. 科技进步与对策, 2003, 20(5): 73–75. [Hu Hongwen. Research on agricultural technology innovation and agricultural technology diffusion[J]. Science & Technology Progress and Policy, 2003, 20(5): 73–75.]

[17] 赵庆, 余梅, 肖小虹. 中国农业创新发展模式研究综述[J]. 科研管理, 2020, 41(3): 256–263. [Zhao Qing, Yu Mei, Xiao Xiaohong. A summary of the studies on the agricultural innovation development model in China[J]. Science Research Management, 2020, 41(3): 256–263.]

[18] Lin J Y. Public research resource allocation in Chinese agriculture: A test of induced technological innovation hypotheses[J]. Economic Development and Cultural Change, 1991, 40(1): 55–73.

[19] Lin J Y. Hybrid rice innovation in China: A study of market-demand induced technological innovation in a centrally-planned economy[J]. The Review of Economics and Statistics, 1992, 74(1): 14–20.

[20] 何爱, 曾楚宏. 诱致性技术创新: 文献综述及其引申[J]. 改革, 2010, 23(6): 45–48. [He Ai, Zeng Chuhong. Induced technological innovation: Theoretical development and literature review[J]. Reform, 2010, 23(6): 45–48.]

[21] 张在一, 杜锐, 毛学峰. 我国诱致性农业技术创新路径——基于十种农作物劳动力节约技术变革的研究[J]. 中国软科学, 2018, 33(9): 15–25. [Zhang Zaiyi, Du Rui, Mao Xuefeng. The path to induced agricultural technology innovation in China: A research on labor-saving technological change based on ten crops[J]. China Soft Science, 2018, 33(9): 15–25.]

[22] 郑旭媛, 徐志刚. 资源禀赋约束、要素替代与诱致性技术变迁——以中国粮食生产的机械化为例[J]. 经济学, 2017, 16(1): 45-66. [Zheng Xuyuan, Xu Zhigang. Endowment restriction, factor substitution and induced technological innovation: A case research on the grain producing mechanization in China[J]. China Economic Quarterly, 2017, 16(1): 45-66.]

[23] 李二玲, 庞安超, 朱纪广. 中国农业地理集聚格局演化及其机制[J]. 地理研究, 2012, 31(5): 885-898. [Li Erling, Pang Anchao, Zhu Jiguang. Analysis of the evolution path and mechanism of China's agricultural agglomeration and geographic pattern[J]. Geographical Research, 2012, 31(5): 885-898.]

[24] 孔祥智, 张琛, 张效榕. 要素禀赋变化与农业资本有机构成提高——对1978年以来中国农业发展路径的解释[J]. 管理世界, 2018, 34(10): 147-160. [Kong Xiangzhi, Zhang Chen, Zhang Xiaorong. Change of factor endowment and improvement of agricultural capital organic composition: An explanation of China's agricultural development path since 1978[J]. Management World, 2018, 34(10): 147-160.]

[25] 张建伟, 梁常安, 黄蕊琦, 等. 中部地区创新产出空间差异及影响因素研究——基于新经济地理学的视角[J]. 世界地理研究, 2020, 29(1): 159-167. [Zhang Jianwei, Liang Chang'an, Huang Ruiqi, et al. Spatial differences and influencing factors of innovation output in central China: Based on the perspective of new economic geography[J]. World Regional Studies, 2020, 29(1): 159-167.]

[26] 赵建吉, 曾刚. 创新的空间测度: 数据与指标[J]. 经济地理, 2009, 29(8): 1250-1255. [Zhao Jianji, Zeng Gang. The spatial measure of innovation: Data and indicators[J]. Economic Geography, 2009, 29(8): 1250-1255.]

[27] 旷宗仁, 章瑾, 左停. 中国农业科技创新投入产出分析[J]. 中国科技论坛, 2012, 28(7): 132-136. [Kuang Zongren, Zhang Jin, Zuo Ting. Analysis on the input and output of Chinese agricultural science and technology innovation[J]. Forum on Science and Technology in China, 2012, 28(7): 132-136.]

[28] 傅新红. 农业品种技术创新中的政府与市场[J]. 农业技术经济, 2004, 23(6): 35-39. [Fu Xinhong. The government and market in the technological innovation of agricultural varieties[J]. Journal of Agrotechnical Economics, 2004, 23(6): 35-39.]

[29] 赵淼, 赵闯, 孙振中, 等. 近20年来我国农作物病虫害时空变化特征[J]. 北京大学学报(自然科学版), 2015, 51(5): 965-975. [Zhao Miao, Zhao Chuang, Sun Zhenzhong, et al. Spatio-temporal changes of crop diseases and insect pests in China over the last two decades[J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis (Natural Science Edition), 2015, 51(5): 965-975.]

[30] 胡豹, 楼洪兴. 我国农作物病虫害防治技术的专利战略与管理[J]. 浙江农业学报, 2014, 26(2): 495-502. [Hu Bao, Lou Hongxing. Patent strategy and management of crop diseases and pests control in China[J]. Acta Agriculturae Zhejiangensis, 2014, 26(2): 495-502.]

[31] 张园园, 沙鸣, 孙世民. 生猪养殖规模化程度的省际差异及未来趋势——基于13个生猪养殖优势省份的研究[J]. 中国农业资源与区划, 2019, 40(1): 195-200. [Zhang Yuanyuan, Sha Ming, Sun Shimin. Interprovincial difference and future trends of scale production of hogs: Study on 13 advantageous provinces for hog-breeding[J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2019, 40(1): 195-200.]

[32] 张茂杨, 彭小凡, 胡朝兵, 等. 宠物与人类的关系: 心理学视角的探讨[J]. 心理科学进展, 2015, 23(1): 142-149. [Zhang Maoyang, Peng Xiaofan, Hu Chaobing, et al. The nature of the bond between pets and owners: A psychological analysis[J]. Advances in Psychological Science, 2015, 23(1): 142-149.]

Spatial-temporal pattern and inducement of agricultural technology innovation in China

LIANG Chang'an[1], DU Guoming[1,2], HAO Jun[3]

(1. School of Economics and Management, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, Heilongjiang, China;
2. Public Administration and Law School, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, Heilongjiang, China;
3. School of Resources and Environment, Henan University of Economics and Law, Zhengzhou 450046, Henan, China)

Abstract: This study uses agricultural patent application data from 2000 to 2018 to characterize the spatial-temporal pattern of agricultural technology innovation output and explores the patterns by inductive methods. The main conclusions are as follows: (1) The overall spatial-temporal trend in the evolution of agricultural technology innovation in China is more consistent with the route of the Schmookler hypothesis. The number of agricultural patent applications has grown exponentially. The high-high agglomeration phenomenon shifts from the northeast region to the Yangtze River Delta region. The low-low agglomeration area is stable in the western region but tends to expand. (2) The spatial-temporal evolution of agricultural technology innovation output in China is influenced by the composite of the Hicks-Speedwater-Latan-Binswanger hypothesis and the Schmokler hypothesis, and the induced characteristics of market demand are more obvious. The spatial pattern of agricultural technology innovation output shows different induced characteristics due to different technology types. The spatial clustering of technological innovation outputs of combined operating machinery strongly correlates with factor price inducements. In contrast, technological innovation outputs in crop control, livestock breeding, and fishery production are strongly induced by market demand. Simultaneously, the effects of public goods' characteristics, path dependence, and institutional arrangements are also evident. The study provides a reference for optimizing the layout of agricultural production and the rational allocation of agricultural science and technology innovation resources, which has a positive significance for promoting the development of agricultural modernization.

Key words: agricultural technology innovation; inducement; technological characteristics; spatial pattern; China